

**Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la  
calidad del frijol (*Phaseolus vulgaris*)  
almacenado en la Escuela Agrícola  
Panamericana**

**Miguel Alejandro Cabrera Moncada**

**Zamorano, Honduras**

Diciembre, 2007

# **Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del frijol (*Phaseolus vulgaris*) almacenado en la Escuela Agrícola Panamericana**

Proyecto especial presentado como requisito parcial para optar  
al título de Ingeniero en Agroindustria Alimentaria en el Grado  
Académico de Licenciatura.

Presentado por

**Miguel Alejandro Cabrera Moncada**

**Zamorano, Honduras**  
Diciembre, 2007

El Autor concede a Zamorano permiso  
para reproducir y distribuir copias de este  
trabajo para fines educativos. Para otras personas  
físicas o jurídicas se reservan los derechos de autor.

---

Miguel Alejandro Cabrera Moncada

Honduras  
Diciembre, 2007

**Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del frijol  
(*Phaseolus vulgaris*) almacenado en la Escuela Agrícola  
Panamericana**

Presentada por

Miguel Alejandro Cabrera Moncada

Aprobada por:

---

Edward Moncada, M.A.E.  
Asesor Principal

---

Luis Fernando Osorio, Ph.D.  
Director  
Carrera Agroindustria Alimentaria

---

Francisco J. Bueso, Ph.D.  
Asesor

---

Raúl Espinal, Ph.D.  
Decano Académico

---

Kenneth L. Hoadley, D.B.A.  
Rector

## **DEDICATORIA**

A Dios el todopoderoso.

A Esperanza Moncada y Saúl Cabrera, mis padres por su apoyo incondicional.

A Exenora Ponce mi segunda madre a lo largo de estos cuatro años.

A Berenice, Saúl, Cintia, Saúl Eduardo, Daniel, José Carlos mis hermanos que han sido un apoyo y inspiración constante a lo largo de esta etapa de mi vida.

Al Lic. Jaime Cárdenas por su comprensión durante épocas difíciles.

## **AGRADECIMIENTOS**

Agradezco a Dios todopoderoso por ser mi guía en momentos difíciles durante la elaboración de este proyecto.

A mis padres por darme ese apoyo incondicional y confianza durante los cuatro años de estudio y por formar en mí ese espíritu de superación.

A Exenora Ponce por su apoyo incondicional y consejos sabios.

Al Ing. Edward Moncada por guiarme a través de este trabajo y por su apoyo en momentos difíciles durante la elaboración de este estudio.

Al Dr. Francisco Bueso por su apoyo en momentos difíciles durante la realización de este proyecto.

Al Lic. Jaime Cárdenas por su comprensión en períodos críticos en mi estadía en Zamorano.

A mis amigos incondicionales: Oscar, Dennis, Roger, Melín, Juan, Sergio, Michel, Axel, Enrique, Abraham, Sandor.

A Efraín Banegas por su apoyo técnico durante la elaboración de este proyecto.

## **AGRADECIMIENTO A PATROCINADORES**

A la Secretaría de Agricultura y Ganadería de Honduras por su ayuda financiera a mis estudios.

Al fondo dotal de Zamorano, por su ayuda financiera parcial a mis estudios.

## RESUMEN

Cabrera, M. 2007. Efecto del tiempo de almacenamiento sobre la calidad del frijol (*Phaseolus vulgaris*) en la Escuela Agrícola Panamericana. Proyecto Especial de Graduación del Programa en Ingeniería en Agroindustria Alimentaria, Escuela Agrícola Panamericana "El Zamorano", Honduras. 23 p.

El almacenamiento del grano es un factor fundamental para la calidad final del mismo, en particular el caso del frijol es un grano con una producción de 8,534,000 TM a nivel mundial y con un consumo *per capita* de 9.8kg/año en Centroamérica. Este estudio se realizó durante siete meses con dos variedades de frijol (Marciano y Tío Canela). Se utilizó un diseño completamente al azar con medidas repetidas en el tiempo, se realizó una correlación del tiempo de cocción contra el resto de las variables: daño total del grano, humedad del grano, color, temperaturas máximas, humedad relativa. Se observó una diferencia significativa en luminosidad, color rojo y amarillo entre las dos variedades esto porque una variedad era tinto de color más oscuro y la otra roja de color rojo claro. Las correlaciones de tiempo de cocción con las demás variables fueron positivas, es decir, a mayor proporción de éstas mayor tiempo de cocción, a excepción de la correlación con temperatura máxima (-0.656,  $Pr < .0001$ ). Según el análisis de medidas repetidas en el tiempo hubo un efecto directo del tiempo sobre el experimento y una interacción del mismo sobre las dos variedades de frijol en las variables color; se observó un aumento en claridad y una disminución de color rojo en ambas variedades. Se observó un aumento de humedad del grano (Wilks' Lambda  $Pr > F$ : 0.002,  $Pr > F$ : 0.0041) durante los siete meses de estudio. El tiempo de almacenamiento tuvo un efecto directo sobre daño total en el estudio (Wilks' Lambda  $Pr > F$ : 0.006) generando un aumento del mismo. Debido a las condiciones actuales de almacenamiento de frijol, se recomienda almacenar frijol por un máximo de cinco meses, evitando así el deterioro de los principales atributos de comercialización del frijol.

**Palabras clave:** colorimetría, correlación, tiempo de cocción.

## CONTENIDO

|                                                                |      |
|----------------------------------------------------------------|------|
| Portadilla .....                                               | i    |
| Autoría .....                                                  | ii   |
| Página de firmas .....                                         | iii  |
| Dedicatoria .....                                              | iv   |
| Agradecimientos .....                                          | v    |
| Agradecimiento a patrocinadores .....                          | vi   |
| Resumen .....                                                  | vii  |
| Contenido .....                                                | viii |
| Índice de cuadros .....                                        | x    |
| Índice de figuras .....                                        | xi   |
| Índice de anexos .....                                         | xii  |
| <br>                                                           |      |
| 1. <b>INTRODUCCIÓN</b> .....                                   | 1    |
| 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA .....                              | 2    |
| 1.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO .....                            | 3    |
| 1.3 LÍMITES DEL ESTUDIO .....                                  | 3    |
| 1.4 OBJETIVOS .....                                            | 3    |
| 1.4.1 Objetivo general .....                                   | 3    |
| 1.4.2 Objetivos específicos .....                              | 3    |
| <br>                                                           |      |
| 2. <b>REVISIÓN DE LITERATURA</b> .....                         | 4    |
| 2.1 IMPORTANCIA DEL FRIJOL EN EL MUNDO Y EN LAS AMÉRICAS ..... | 4    |
| 2.2 TIEMPO DE COCCIÓN .....                                    | 5    |
| 2.3 COLOR .....                                                | 5    |
| 2.4 COLORÍMETRO .....                                          | 6    |
| 2.5 ALMACENAMIENTO .....                                       | 6    |
| 2.6 NORMAS DE CALIDAD .....                                    | 6    |
| <br>                                                           |      |
| 3. <b>MATERIALES Y METODOS</b> .....                           | 7    |
| 3.1 MATERIALES Y EQUIPO .....                                  | 7    |
| 3.2 MÉTODOS .....                                              | 8    |
| 3.2.1 Experimento .....                                        | 8    |
| 3.2.2 Muestras .....                                           | 8    |
| 3.2.3 Análisis colorimétrico Colorflex® Hunter L*a*b* .....    | 9    |
| 3.2.4 Humedad relativa y temperatura máxima .....              | 9    |

|       |                                                |    |
|-------|------------------------------------------------|----|
| 4.    | <b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b> .....            | 10 |
| 4.1   | COLOR .....                                    | 10 |
| 4.1.2 | Color L*a*b* .....                             | 10 |
| 4.2   | DAÑO TOTAL .....                               | 11 |
| 4.3   | TIEMPO DE COCCIÓN .....                        | 12 |
| 4.4   | HUMEDAD DEL GRANO .....                        | 13 |
| 4.5   | CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES.....         | 14 |
| 4.5.1 | Tiempo de cocción – daño total del grano ..... | 14 |
| 4.5.2 | Tiempo de cocción – humedad del grano .....    | 14 |
| 4.5.3 | Tiempo de cocción - claridad “L*” .....        | 14 |
| 4.5.4 | Tiempo de cocción – rojo “a*” .....            | 15 |
| 4.5.5 | Tiempo de cocción – amarillo “b*” .....        | 15 |
| 4.5.6 | Tiempo de cocción – temperatura máxima .....   | 15 |
| 4.5.7 | Tiempo de cocción – humedad relativa .....     | 15 |
| 5.    | <b>CONCLUSIONES</b> .....                      | 16 |
| 6.    | <b>RECOMENDACIONES</b> .....                   | 17 |
| 7.    | <b>BIBLIOGRAFÍA</b> .....                      | 18 |
| 8.    | <b>ANEXOS</b> .....                            | 19 |

## ÍNDICE DE CUADROS

| Cuadro                                                                                                                                                                       | Página |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1. Regiones de mayor producción de frijol en el mundo y en las Américas para el año 1994.....                                                                                | 4      |
| 2. Análisis de varianza y separación de medias Tukey de color de las variedades de frijol evaluadas durante los cuatro meses de estudio .....                                | 10     |
| 3. Análisis de varianza y separación de medias Tukey de daño total de las variedades de frijol evaluadas durante los cuatro meses de estudio. ....                           | 11     |
| 4. Análisis de varianza y separación de medias Tukey del tiempo de cocción de las variedades de frijol evaluadas durante los cuatro meses de estudio. ....                   | 12     |
| 5. Análisis de varianza y separación de medias Tukey de la humedad del grano de las variedades de frijol evaluadas durante los cuatro meses de estudio.....                  | 13     |
| 6. Correlaciones entre el tiempo de cocción y humedad del grano, claridad L* del grano, rojo a* del grano, amarillo b* del grano, temperatura máxima y humedad relativa..... | 14     |
| 7. Correlaciones entre humedad relativa y temperatura máxima.....                                                                                                            | 15     |

## ÍNDICE DE FIGURAS

| Figura |                                                                                                                       | Página |
|--------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------|
| 1.     | Temperaturas máximas promediadas de mayo - agosto en la bodega de almacenamiento de las dos variedades de frijol..... | 12     |
| 2.     | Humedad relativa promediada de mayo - agosto en la bodega de almacenamiento de las dos variedades de frijol.....      | 13     |

## ÍNDICE DE ANEXOS

| Anexo                                             | Página |
|---------------------------------------------------|--------|
| 1. Hoja de higrótermografo para siete días. ....  | 20     |
| 2. Formato de análisis de laboratorio. ....       | 21     |
| 3. Color “L*” durante los meses del estudio. .... | 22     |
| 4. Color “a*” durante los meses del estudio ....  | 22     |
| 5. Color “b*” durante los meses del estudio ....  | 23     |

## 1. INTRODUCCIÓN

El mercado actual exige productos de alta calidad, en el caso del frijol se sabe que es un grano con un alto nivel de consumo a nivel nacional e internacional. La cosecha es un factor muy importante, sin embargo, el punto crítico del frijol así como el de otros granos es el almacenamiento, ya que este es el que determina la calidad final del frijol con la cual va a llegar al consumidor final. Factores como tiempo de cocción, color, porcentaje de grano dañado entre otros son variables por las cuales el consumidor se ve influenciado al momento de realizar la compra de dicho grano. El acondicionamiento del grano determinará los factores mencionados anteriormente; factores como temperatura, humedad relativa son influencia directa sobre estos así como daños por roedores, hongos.

Para el almacenamiento del grano de frijol se utilizan diversas estructuras. Los pequeños productores almacenan en sacos en lugares secos, normalmente cerca de la cocina; no deben colocarse en contacto con el suelo ni paredes; por lo que es conveniente usar tarimas de madera y colocar los sacos estibados o traslapados, separados en bultos, para facilitar la aeración. También ha dado muy buenos resultados el uso de silos metálicos para almacenar pequeñas cantidades en fincas de agricultores. Estos son fabricados de láminas de zinc galvanizadas y permiten reducir los daños causados por insectos, hongos y roedores, conservar el grano por mayor tiempo y facilita el llenado y vaciado de los granos. Los productores mayores utilizan silos o graneros de gran capacidad, donde se requiere cierta maquinaria y equipo para transportar y almacenar el grano (Rosas, 2003).

El mercado de frijol en El Salvador, Honduras y Nicaragua exige generalmente granos de color rojo claro, pagando hasta un 20% más del precio en relación a un frijol rojo oscuro. Sin embargo, las variedades de grano rojo claro tienden a perder esta tonalidad en el almacenamiento, sobre todo si las condiciones son de altas temperaturas. Las antocianinas, los compuestos que dan el color rojo al grano, se degradan a mayor temperatura (Taleón, 2005).

En general, el acondicionamiento e almacenamiento del grano es indispensable ya que por lo general los granos estarán por un largo período de tiempo almacenados y al brindarle las condiciones idóneas se obtendrán granos de calidad aceptable.

El aumento en el tiempo de cocción es uno de los problemas más graves que se presentan durante el almacenamiento del frijol (*Phaseolus vulgaris*). El aumento en el tiempo de cocción trae consigo varias consecuencias como: menor aceptabilidad por el consumidor, mayor gasto de energía y tiempo para su preparación, pérdida de valor nutritivo en casos extremos, por ende, pérdida total de su valor comercial (Mora, 1982).

En un estudio realizado para determinar tiempos de cocción en variedades comerciales de frijol rojo en la Escuela Agrícola Panamericana “Zamorano”, se analizó la variación genética de diferentes materiales comerciales de frijol, siendo los tratamientos cuatro muestras de frijol producidas por el Programa de Investigación del frijol (PIF). Según el análisis de varianza, se encontró que entre las diferentes variedades comerciales de frijol existen diferencias estadísticas altamente significativas ( $P < 0.0001$ ) en cuanto al tiempo final de cocción, lo cual explica el 80% de la variabilidad total ( $R < 0.81$ ). Se encontró que las variedades con color rojo claro (Catrachita), requieren menor tiempo de cocción que las muestras de color rojo oscuro (Dorado). El color podría entonces explicar parte de la fuente de variación entre variedades (Valladares, 1996).

En el año de 1982, fue publicado un estudio realizado por el Centro de Investigaciones en Granos y Semillas de la Universidad de Costa Rica un estudio acerca la influencia de diferentes temperaturas y contenidos de humedad sobre el tiempo de cocción de frijol (*Phaseolus vulgaris*) almacenado durante 18 meses. Los resultados obtenidos en esta investigación reflejan que el contenido de humedad del frijol fue muy estable durante todo el ensayo y el promedio fue de 9.2, 12.2 y 15.5%. El comportamiento del frijol con 9.2% de humedad fue similar en las tres temperaturas de almacenamiento. Los resultados para el frijol con 12.2% de humedad son similares a las del frijol con 9.2% excepto que hacia el final del ensayo el tiempo de cocción fue mayor. Estos resultados indican que de acuerdo con el tiempo de almacenamiento, aun en condiciones favorables, puede presentarse algún grado de aumento en el tiempo de cocción. También indican que si la humedad es baja (9.2% en este caso), la temperatura no afecta los resultados. Cuando el frijol se almacenó con alta humedad (15.5%) el tiempo de cocción aumento en las tres temperaturas probadas (Mora, 1982).

## 1.1 DEFINICIÓN DEL PROBLEMA

Factores como suavidad, color, tiempo de cocción entre otros son factores determinantes para el consumidor al momento de que este realice una compra, estos factores se ven influenciados de gran manera por el almacenamiento del grano. Un almacenamiento adecuado va a mantener la calidad inicial de el frijol, es decir, las variaciones en color, asimismo, con un acondicionamiento adecuado del grano evitara la aparición de hongos los cuales generan una apariencia negativa para el consumidor.

Hortifruti es una empresa que cuenta con una buena imagen a nivel nacional, tal imagen llevó a venderle frijol a la empresa mundial Wal-Mart, frijol (rojo), el que fue acondicionado y almacenado en Zamorano junto a otras variedades como lo fue la variedad Tío Canela (tinto) desarrollada en Zamorano por el Dr. J.C. Rosas. El frijol estuvo almacenado desde el mes de enero del dos mil siete hasta el mes de julio del mismo año en las instalaciones de Zamorano en una bodega construida de piedra , con un cielo rasó de madera, y techo de teja, con una entrada y 8 ventanas distribuidas en dos de sus paredes, dichas ventanas permanecen semí-abiertas.

Para Hortifruti es de suma importancia que sus frijoles sean almacenados de manera adecuada ya que de esta manera asegura la calidad del frijol en un mercado cada vez mas

competitivo y exigente, esto lo llevo a almacenar su frijol en Zamorano que en ese momento contaba con la capacidad para almacenar el grano.

## **1.2 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Para obtener productos terminados de alta calidad es indispensable tener materia prima de alta calidad que satisfaga las necesidades y expectativas que provean satisfacción al consumidor final. Sin embargo, en el caso del frijol así como la mayoría de los productos agrícolas el almacenamiento es un factor fundamental para generar el ambiente idóneo y evitar el posible deterioro o problemas en el grano.

## **1.3 LÍMITES DEL ESTUDIO**

- El tiempo de estudio se limitó a siete meses.
- Solo se pudieron evaluar dos variedades, considerando el interés de la empresa comercializadora.

## **1.4 OBJETIVOS**

### **1.4.1 Objetivo General**

- Determinar el efecto del tiempo de almacenamiento en la bodega de la planta de semillas de la Escuela Agrícola Panamericana sobre la calidad del frijol rojo y tinto durante siete meses.

### **1.4.2 Objetivos Específicos**

- Evaluar la calidad del frijol durante el tiempo de almacenamiento.
- Evaluar el efecto de los parámetros ambientales que inciden en la calidad del frijol almacenado.

## 2. REVISIÓN DE LITERATURA

### 2.1 IMPORTANCIA DEL FRIJOL EN EL MUNDO Y EN LAS AMÉRICAS

La producción, rendimiento y consumo de frijol en los países y regiones de mayor producción varía significativamente. De acuerdo a los datos de Singh (1999) citados por Rosas (2003), Brasil (2.5 millones de TM), EE.UU. (1.3 millones de TM) y México (0.98 millones de TM) son los mayores productores del continente americano, la región de mayor producción en el ámbito mundial (Cuadro 1). Los rendimientos promedios en África y en las diferentes regiones de las Américas, con la excepción de Canadá y EE.UU., son bastante buenos, lo mismo que en el Asia Occidental.

**Cuadro 1. Regiones de mayor producción de frijol en el mundo y en las Américas para el año 1999.**

| <b>Región</b>       | <b>Área cosechada<br/>(miles ha)</b> | <b>Producción<br/>(miles TM)</b> | <b>Rendimiento<br/>(kg/ha)</b> |
|---------------------|--------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|
| África              | 3,260                                | 2,120                            | 650                            |
| Asia                | 2,076                                | 2,211                            | 1,065                          |
| Europa              | 568                                  | 589                              | 1,040                          |
| Américas            | 8,398                                | 6,687                            | 796                            |
| Canadá y EE.UU.     | 784                                  | 1,473                            | 1,880                          |
| El Caribe           | 158                                  | 95                               | 600                            |
| México y C. América | 2,296                                | 1,432                            | 620                            |
| Sur América         | 5,160                                | 3,687                            | 715                            |

Fuente: Rosas, 2003.

## **2.2 TIEMPO DE COCCIÓN**

El tiempo de cocción o endurecimiento del frijol es utilizado como factor de rechazo o aceptación en los diferentes mercados. Por lo tanto es muy importante realizar pruebas para evaluar el tiempo de cocción de las variedades comerciales. Este factor está determinado por las características físicas del grano y otros factores ambientales (Valladares, 1996).

Entre los factores que influyen sobre el tiempo de cocción de los frijoles, la temperatura y el contenido de humedad de los mismos son más factibles para disminuir el problema. Se ha encontrado que cuanto menor sean las temperaturas y el contenido de humedad del frijol menor es el aumento en el tiempo de cocción en un período de almacenamiento dado. Sin embargo, es necesario establecer cuáles son las condiciones necesarias de almacenamiento para mantener la calidad de un frijol dado por el tiempo que se requiera (Mora, 1982).

La cocción se define como el porcentaje de cocimiento que alcanza una muestra de frijol limpia, sujeta a temperatura constante de ebullición en un tiempo determinado (Valladares, 1996).

## **2.3 COLOR**

El color es la sensación producida por los rayos luminosos al impresionar los órganos visuales (ojos) en función de la longitud de onda. Es un fenómeno físico asociado a las infinitas combinaciones de la luz, relacionado con las diferentes longitudes de onda en la zona visible del espectro electromagnético, que perciben las personas y animales a través de los órganos de la visión, como una sensación que nos permite diferenciar los objetos con mayor precisión. Todo cuerpo iluminado absorbe una parte de las ondas electromagnéticas y refleja las restantes.

Las ondas reflejadas son captadas por el ojo e interpretadas como colores según las longitudes de ondas correspondientes. El ojo humano sólo percibe el color cuando la iluminación es abundante. Con poca luz vemos en blanco y negro. El color blanco resulta de la superposición de todos los colores, mientras que el negro es la ausencia de color. La luz blanca puede ser descompuesta en todos los colores (espectro) por medio de un prisma. En la naturaleza esta descomposición da lugar al arco iris (Wikipedia, 2007).

Para acelerar el proceso de selección es necesario disponer de un método objetivo, consistente y preciso que cuantifique variaciones de color del frijol para complementar con los métodos subjetivos actuales (Melgar, 2004).

## 2.4 COLORÍMETRO

El Colorflex® Hunter L\*a\*b\* funciona con un espacio de color rectangular de 3-dimensiones basada en la Teoría de los Colores-Opuestos. – Eje “L” (luminosidad) – 0 es negro, 100 es blanco. Eje “a” (rojo-verde) -los valores positivos son rojos; los valores negativos son verdes y 0 es neutro. Eje “b” (azul-amarillo) – los valores positivos son azules; los valores negativos son amarillos y 0 es el neutro (Hunter L\*a\*b\*, 2001).

## 2.5 ALMACENAMIENTO

Una vez cosechado y limpio, el grano es llevado en sacos hacia el lugar donde se almacena hasta su consumo o venta. Previo al almacenamiento, es necesario reducir el contenido de humedad del grano a un 12-13%, esto con el fin de asegurar su buena conservación durante el almacenamiento. Esto se puede lograr exponiendo el frijol al sol si las condiciones ambientales lo permiten; si existe demasiada humedad ambiental y posibilidad de lluvia es necesario recurrir al secado artificial, lo cual incrementa los costos. Lo mejor es producir en épocas en que la cosecha del grano coincida con épocas suficientemente secas (Rosas, 2003).

Los granos almacenados son afectados por factores físicos como la humedad y la temperatura, y biológicos como hongos, insectos y roedores. Se debe de almacenar el grano de frijol con la humedad adecuada, y en un lugar ventilado y protegido de la intemperie. Las altas temperaturas y humedad favorecen el desarrollo de hongos e insectos y reducen la calidad fisiológica del frijol (Rosas, 2003).

## 2.6 NORMAS DE CALIDAD

Las normas de calidad utilizadas en esta investigación fueron las utilizadas en el laboratorio de tecnología de granos de Zamorano (Anexo 2); las cuales categorizan la calidad del frijol considerando el porcentaje de daños totales, tal como se muestran a continuación:

CA-1 = Total de daño 0 a 0.5%.

CA-2 = Total de daño 0.51 a 1.0%.

CA-3 = Total de daño 1.1 a 3.5%.

CA-4 = Total de daño 3.6 a 5.0%.

SM = Total de daño 5.1% en adelante.

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

Este estudio se llevó a cabo en la Escuela Agrícola Panamericana “Zamorano” específicamente en el Laboratorio de Granos y Semillas (“CITESGRAN”) y en el Laboratorio de Análisis de Alimentos de Zamorano, a 30 Km. de Tegucigalpa, Honduras, ubicado a 14 grados latitud norte y 87 grados longitud oeste, con una precipitación de 1100 mm por año y una altura de 800 msnm.

Las dos variedades de frijol llegaron a Zamorano en el mes de enero, en abril se tomaron las muestras con el método de muestreo simple aleatorio con un calador de alvéolos para sacos tomando de las estibas de frijol rojo 10 submuestras de 96 qq. asimismo para el frijol tinto 10 submuestras de 84 qq. esto para garantizar una toma de muestra representativa, se mezclaron las diferentes submuestras por variedad y se colocaron en cuatro sacos de PVC, dos sacos por variedad.

Los datos iniciales fueron obtenidos y analizados en el Laboratorio de Tecnología de Granos de la Escuela Agrícola Panamericana “Zamorano” el 11 de enero de 2007, los resultados para el frijol rojo en cuanto a humedad inicial fue de 15%, 90 minutos de tiempo de cocción y 3.45% de daño total; para el frijol tinto, su humedad fue de 15%, su tiempo de cocción de 90 min. y un 2.80% de daño total.

Durante este estudio se observó el impacto del almacenamiento sobre la calidad del frijol rojo (variedad Marciano) que es una variedad criolla y el frijol tinto (Tío Canela) que es una variedad mejorada; se tomaron en cuenta parámetros como humedad relativa, temperatura máxima.

#### **3.1 MATERIALES Y EQUIPO**

- Higrotermografo de marca “Seedburo”.
- Colorímetro Colorflex Hunter L\*a\*b\* Reston, VA.
- Cribas y zarandas de marca “Seedburo”.
- Balanza.
- Agua destilada.
- Medidor de peso bushel de marca “Winchester”.
- Termómetro.
- Estufa de gas con cuatro hornillas de marca “Tropigas”.
- Dos ollas de aluminio (ANA) con capacidad de 2.5 L.
- Cocedor de marca “Mattson”.
- Medidor de humedad para muestras de 250 g (SAMAP-O-TEST) de marca “Mottomco”.

## **3.2 MÉTODOS**

### **3.2.1 Experimento**

Los datos obtenidos durante este estudio se analizaron con ayuda del programa estadístico SAS® utilizando el análisis univariado con medidas repetidas en el tiempo. El análisis se centro en 6 variables que fueron:

- Tiempo de cocción.
- Daño total del grano.
- Color (L, a\*, b\*).
- Humedad del grano.
- Humedad Relativa.
- Temperatura máxima.

Se realizaron dos observaciones al mes durante los meses de mayo a agosto del 2007 con tres repeticiones para disminuir el error experimental, en el caso de los análisis de cocción se tomaron 23 granos de frijol de cada variedad (Cocedor Mattson) tomándose como tiempo de cocción cuando el 50% de los frijoles colocados en el cocedor eran penetrados; para humedad se necesitaron 250 g. por muestra que fueron analizados con la ayuda del medidor de humedad para muestras de 250 g. (SAMAP-O-TEST).

Por efecto del análisis estadístico con ayuda del programa estadístico, se promediaron las dos observaciones obtenidas durante el mes, con el propósito de obtener el indicador del efecto del tiempo sobre los tratamientos (Wilk's Lambda).

Se realizaron correlaciones entre dichas variables comparando el tiempo de cocción con el resto de las variables (daños totales, color, humedad del grano, humedad relativa, temperaturas máximas) se decidió que fuera el tiempo de cocción porque esta variable es uno de los factores de mayor importancia para el consumidor al momento de la compra.

### **3.2.2 Muestras**

Para determinar el tiempo de cocción de las muestras se tomaron 23 granos por muestra y se procedió a tomar el tiempo de cocción de los mismos con la ayuda del cocedor "Mattson".

Para determinar daño total se tomaron 250 g. de frijol y se tomó el porcentaje de impurezas, daño por insectos, daño por hongos, daño por calentamiento y otros daños. El tiempo de cocción fue determinado al tiempo en el que el 50% de los granos fueron penetrados en el cocedor "Mattson", al igual que el estudio realizado por Valladares (1996).

### **3.2.3 Análisis colorimétrico Colorflex® Hunter L\*a\*b\***

Se tomaron sub-muestras y se colocaron en la copa especial transparente del Colorflex, posteriormente dicha copa se colocó con la sub-muestra en la región de lectura de color del Colorflex, se prosiguió a correr el software, para el análisis de la muestra.

Se tomaron los datos con la escala L\* a\* b\*, y se tabularon los datos con la ayuda de una hoja de cálculo de Microsoft Office Excel.

Por ultimo se analizaron los datos utilizando el programa estadístico “Statistical Analysis System” (SAS®) v. 8.2.

### **3.2.4 Humedad Relativa y temperatura máxima**

Los datos recolectados de estas dos variables fueron tomados con la ayuda del higrótermografo con hojas de siete días (Anexo 1) durante los 4 meses del estudio.

## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 COLOR

#### 4.1.2 Color L\*, a\*, b\*

Según los resultados obtenidos con la ayuda del programa SAS® en cuanto a valor “L” (claridad) se encontró diferencia significativa entre las dos variedades de frijol (rojo y tinto) durante el promedio de los cuatro meses del estudio, ya que la variedad Hortifruti es frijol tipo seda a diferencia de el Tío Canela que es un frijol tinto. La luminosidad del Tío Canela fue menor a simple vista por el hecho de ser tinto. Esto lo confirmó el Colorflex® Hunter Lab (Cuadro 2). Al mismo tiempo se pudo observar un aumento de luminosidad en las dos variedades durante los 4 meses de la realización de este estudio, estos cambios fueron por efectos de variación en la temperatura. Por otro lado según el análisis de medidas repetidas en el tiempo en ambas variedades se observó un efecto directo del tiempo (Wilks' Lambda,  $Pr > F : <.0001$ ), también se pudo ver que hubo interacción del tiempo con las dos variedades (Wilks' Lambda,  $Pr > F: 0.0062$ ).

**Cuadro 2. Análisis de varianza y separación de medias Tukey de color de las variedades de frijol evaluadas durante los cuatro meses de estudio.**

| M | Color                    |                          |                          |                          |                          |                         |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|-------------------------|
|   | Claridad (L*)            |                          | Rojo (a*)                |                          | Amarillo (b*)            |                         |
|   | Rojo                     | Tinto                    | Rojo                     | Tinto                    | Rojo                     | Tinto                   |
| M | 27.31±0.15 <sup>ay</sup> | 21.19±0.01 <sup>bz</sup> | 19.43±0.06 <sup>aw</sup> | 11.78±0.01 <sup>bw</sup> | 8.72±0.22 <sup>ay</sup>  | 2.97±0.01 <sup>bw</sup> |
| J | 27.07±0.02 <sup>az</sup> | 23.27±0.00 <sup>by</sup> | 18.51±0.02 <sup>aw</sup> | 11.73±0.01 <sup>bx</sup> | 10.06±0.04 <sup>ax</sup> | 2.91±0.02 <sup>bx</sup> |
| J | 29.01±0.06 <sup>ax</sup> | 24.48±0.00 <sup>bx</sup> | 18.01±0.03 <sup>ax</sup> | 11.23±0.03 <sup>by</sup> | 10.60±0.01 <sup>aw</sup> | 2.78±0.01 <sup>by</sup> |
| A | 29.84±0.03 <sup>aw</sup> | 25.08±0.03 <sup>bw</sup> | 17.64±0.02 <sup>ay</sup> | 10.86±0.04 <sup>bz</sup> | 10.90±0.02 <sup>aw</sup> | 2.73±0.02 <sup>bz</sup> |

**M** : meses del estudio en orden descendente (M: mayo, J: junio, J: julio, A: agosto).

Medias con distintas letras indican que existen diferencias estadísticas significativas entre ellas.

\*a y b: separación de medias “Tukey” entre variedades ( $Pr < 0.05$ ).

\*w, x, y y z: Separación de medias “Tukey” por tiempo para cada variedad ( $Pr < 0.05$ ).

L: 0-100 (0 es más oscuro y 100 es más claro).

a\*: 0-60 (60 es más rojo).

b\*: 0-60 (60 es más amarillo).

Con respecto a rojo “a\*”, se encontró diferencia estadística entre las dos variedades de frijol rojo y tinto durante los cuatro meses del estudio, en ambas variedades se observó un efecto directo del tiempo (Wilks’ Lambda  $Pr>F$ : 0.0019) y también se observó que hubo interacción del tiempo con las dos variedades (Wilks’ Lambda  $Pr>F$ : 0.0019) a medida pasó el tiempo la intensidad de rojo disminuyó (Cuadro 2) esto porque el aumento de la temperatura produce degradación de las antocianinas, lo cual concuerda con (Taleón, 2005).

El color amarillo b\* según el análisis estadístico realizado con los promedios de los meses del estudio hubo diferencia significativa entre las dos variedades (  $Pr<0.001$ ), en el caso de la variedad del frijol tinto mostró una disminución durante los 4 meses del estudio; caso contrario con la variedad del frijol rojo la cual se mostró un aumento (Cuadro 2), esto posiblemente se dio por efecto de la temperaturas a las cuales se enfrentaron ambas variedades y por efecto de las pérdidas de color rojo antes descritas. Al igual que color “a\*” se observó un efecto directo del tiempo (Wilks' Lambda  $Pr>F$ : 0.0179) en ambas variedades, al mismo tiempo se observó una interacción del tiempo con las dos variedades (Wilks' Lambda  $Pr>F$ : 0.0101).

## 4.2 DAÑO TOTAL

En cuanto a daño total no se encontró diferencia significativa durante los 3 primeros meses del estudio, en ambos casos el daño fue aumentando a lo largo de los primeros tres meses, al cuarto mes del estudio se pudo observar una diferencia significativa entre ambas variedades también se pudo observar que el daño fue en aumento en ambas variedades (Cuadro 3).

Hubo un efecto directo de el tiempo en las dos variedades (Wilks' Lambda  $Pr>F$ : 0.0056), pero en esta variable no hubo una interacción del tiempo con ambas variedades (Wilks' Lambda  $Pr>F$ : 0.0961). Cabe recalcar que el porcentaje que más aumentó durante los cuatro meses fue el porcentaje de daño por calentamiento (4.2%) por las temperaturas máximas (30 – 33 °C) que se alcanzaron durante este período de tiempo (Figura 1) que al final se vieron reflejadas en el daño total de las dos variedades de frijol.

Cuadro 3. Análisis de varianza y separación de medias Tukey de daño total de las variedades de frijol evaluadas durante los cuatro meses de estudio.

| Variedad | Mes                      |                          |                           |                           |
|----------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|---------------------------|
|          | Mayo                     | Junio                    | Julio                     | Agosto                    |
| Rojo     | 4.68±0.27 <sup>a z</sup> | 7.56±0.41 <sup>a y</sup> | 9.02±0.42 <sup>a x</sup>  | 10.60±0.35 <sup>b w</sup> |
| Tinto    | 5.11±0.20 <sup>a z</sup> | 7.09±0.04 <sup>a x</sup> | 7.89±0.78 <sup>a wx</sup> | 8.92±0.16 <sup>b w</sup>  |

\*a y b: separación de medias “Tukey” entre variedades ( $Pr < 0.05$ ).

\*w, x, y y z: Separación de medias “Tukey” por tiempo para cada variedad ( $Pr < 0.05$ ).

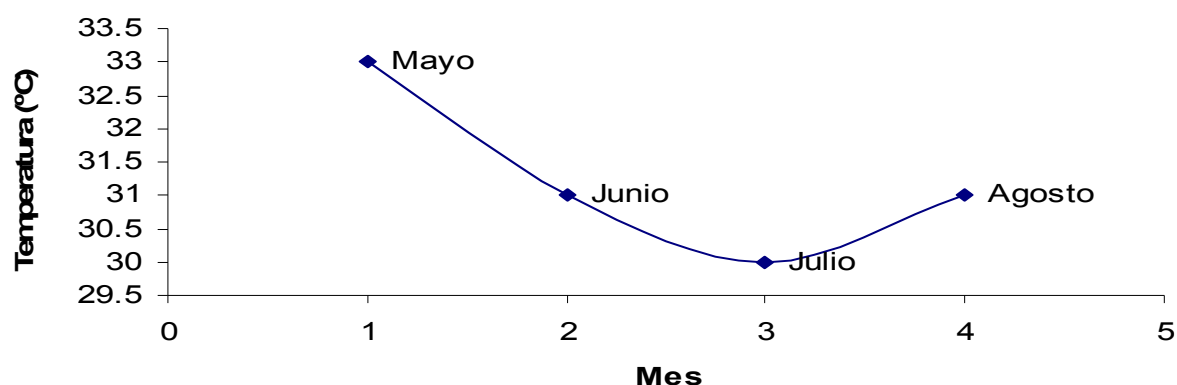


Figura 1. Temperaturas máximas promediadas de mayo - agosto, en la bodega de almacenamiento de las dos variedades de frijol.

### 4.3 TIEMPO DE COCCIÓN

Para esta variable no se encontró diferencia estadística entre las dos variedades de frijol durante los 4 meses del experimento, pero si se puede observar que en ambas variedades su tiempo de cocción a lo largo del período de investigación fue en aumento (Cuadro 4), estos resultados concuerdan con (Mora, *et al.* 1982), posiblemente por el efecto de las temperaturas máximas y la humedad relativa del almacén.

Según los resultados el tiempo no tuvo un efecto directo en el tiempo de cocción de las dos variedades (Wilks' Lambda  $Pr > F$ : 0.0907) y tampoco hubo una interacción del tiempo con las 2 variedades durante el período del estudio (Wilks' Lambda  $Pr > F$ : 0.3908).

Cuadro 4. Análisis de varianza y separación de medias Tukey del tiempo de cocción de las variedades de frijol evaluadas durante los cuatro meses de estudio.

| Variedad | Mes                          |                               |                                 |                                |
|----------|------------------------------|-------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|
|          | Mayo                         | Junio                         | Julio                           | Agosto                         |
| Rojo     | 101.33 ± 4.72 <sup>a y</sup> | 113.33 ± 4.163 <sup>a x</sup> | 123.333 ± 3.055 <sup>a wx</sup> | 130.000 ± 4.582 <sup>a w</sup> |
| Tinto    | 100.66 ± 2.08 <sup>a x</sup> | 110.00 ± 5.000 <sup>a x</sup> | 122.667 ± 4.725 <sup>a w</sup>  | 131.667 ± 4.725 <sup>a w</sup> |

\*a y b: separación de medias "Tukey" entre variedades ( $Pr < 0.05$ ).

\*w, x, y y z: Separación de medias "Tukey" por tiempo para cada variedad ( $Pr < 0.05$ ).

#### 4.4 HUMEDAD DEL GRANO

Durante los primeros tres meses del estudio se observó una diferencia significativa entre las dos variedades de frijol, sin embargo, al cuarto mes del período de investigación no hubo una diferencia significativa entre las variedades. Se pudo observar que la humedad relativa en el ambiente aumento durante el período del estudio (Figura 2), así mismo, se pudo observar que la humedad del grano aumento durante el período de la investigación a excepción del frijol rojo que en el mes de julio reporto una baja y en agosto un aumento (Cuadro 5). A mayor humedad relativa en el ambiente el frijol esta más propenso a adquirir humedad del ambiente.

Se observó un efecto directo del tiempo sobre las variedades (Wilks' Lambda  $Pr > F$ : 0.0025) y de igual manera una interacción del tiempo con ambas variedades (Wilks' Lambda  $Pr > F$ : 0.0041).

Cuadro 5. Análisis de varianza y separación de medias Tukey de la humedad del grano de las variedades de frijol evaluadas durante los cuatro meses de estudio.

| Variedad | Mes                         |                             |                             |                             |
|----------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|-----------------------------|
|          | Mayo                        | Junio                       | Julio                       | Agosto                      |
| Rojo     | 12.586±0.245 <sup>b x</sup> | 13.780±0.103 <sup>a w</sup> | 13.560±0.034 <sup>b w</sup> | 13.880±0.001 <sup>a w</sup> |
| Tinto    | 13.290±0.069 <sup>b y</sup> | 13.483±0.101 <sup>b x</sup> | 13.800±0.034 <sup>a w</sup> | 13.960±0.000 <sup>a w</sup> |

\*a y b: separación de medias “Tukey” entre variedades ( $Pr < 0.05$ ).

\*w x y y: Separación de medias “Tukey” por tiempo para cada variedad ( $Pr < 0.05$ ).

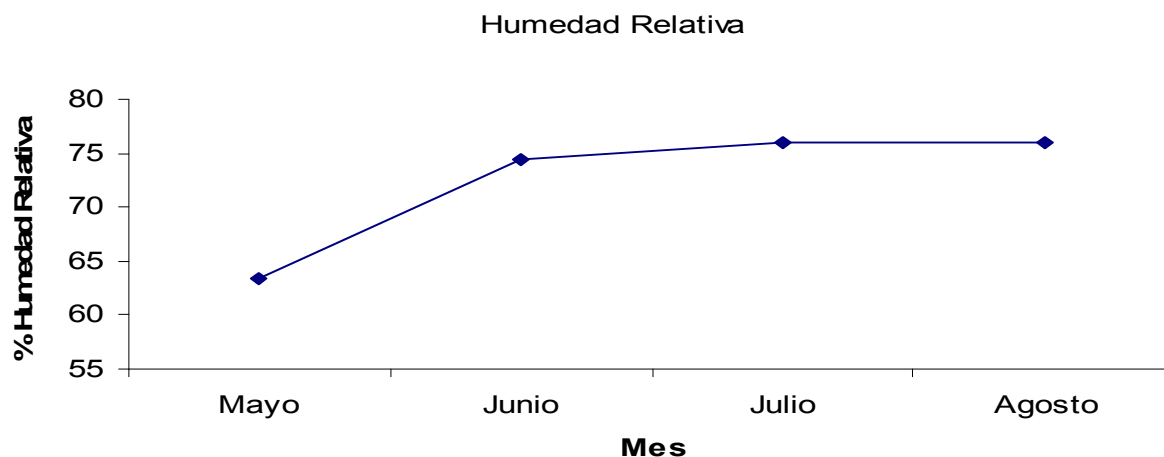


Figura 2. Humedad relativa promediada de mayo a agosto en la bodega de almacenamiento de las dos variedades de frijol.

## 4.5 CORRELACIONES ENTRE LAS VARIABLES

Se realizó una correlación entre las variedades, en específico el tiempo de cocción contra el resto de las variables (daños totales, color, humedad del grano, humedad relativa, temperaturas máximas).

### 4.5.1 Tiempo de cocción – daño total del grano

El análisis estadístico indicó que hay una correlación positiva entre estas dos variables ( $Pr > F$ :  $<.0001$ ), esto nos indica que a mayor daño total del grano habrá un mayor tiempo de cocción (Cuadro 6), esto posiblemente se debe a que el porcentaje de mayor daño en el grano fue por calentamiento y este daño se refleja como un arrugamiento y endurecimiento de la testa lo cual podría dificultar el paso del agua al interior del frijol.

Cuadro 6. Correlaciones entre tiempo de cocción y humedad del grano, claridad L\* del grano, rojo a\* del grano, amarillo b\* del grano, temperatura máxima y humedad relativa.

|      |          | Variable               |         |         |          |         |          |         |
|------|----------|------------------------|---------|---------|----------|---------|----------|---------|
|      |          | Coeficiente de Pearson |         |         |          |         |          |         |
|      |          | Prob >  r              |         |         |          |         |          |         |
|      | D. Total | Coc.                   | Hum     | L       | a*       | b*      | Ta       | HR      |
| Coc. | 0.76034  | 1                      | 0.56743 | 0.44965 | -0.19574 | 0.14131 | -0.65668 | 0.71376 |
|      | <.0001   |                        | <.0001  | 0.0028  | 0.2141   | 0.3721  | <.0001   | <.0001  |

### 4.5.2 Tiempo de cocción – Humedad del grano

Entre estas dos variables se encontró una correlación positiva (Cuadro 6), por lo que se puede decir que a mayor humedad del grano mayor tiempo de cocción, esto concuerda con (Mora, et al. 1982) a mayor humedad del grano mayor tiempo de cocción, como se pudo observar (Figura 1) la humedad relativa aumentó durante el período de estudio dejando mas propenso al frijol a adquirir humedad.

### 4.5.3 Tiempo de cocción - Claridad “L\*”

Con respecto a claridad del grano también se encontró una correlación positiva (Cuadro 6), lo cual nos indica que a mayor claridad hay mayor tiempo de cocción, esto es posible que haya sido por efecto de la temperatura máxima alcanzada en el almacenamiento ya que hubo una degradación de antocianinas que como efecto tuvo la disminución de antocianinas en el frijol que son las que generan el color rojo en el mismo.

#### 4.5.4 Tiempo de cocción – rojo “a\*”

En este caso no se encontró ningún tipo de correlación (Cuadro 6), lo que nos indica que no hay ninguna relación entre intensidad de rojo y el tiempo de cocción de las dos variedades de frijol.

#### 4.5.5 Tiempo de cocción – amarillo “b\*”

En cuanto a estas dos variables no hubo ninguna correlación ( $Pr>F: <.3721$ ), lo cual nos indica que el amarillo del grano no tiene ninguna relación con el tiempo de cocción de las dos variedades de frijol analizadas.

#### 4.5.6 Tiempo de cocción – temperatura máxima

Se encontró una correlación negativa entre estas dos variables (Cuadro 6), lo cual nos indica que a mayor temperatura ambiente menor tiempo de cocción, sin embargo, se encontró una correlación negativa entre humedad relativa y temperatura máxima (Cuadro 7) lo que nos indica que a menor temperatura máxima mayor humedad relativa y en este estudio se observó un aumento de humedad relativa durante el período de estudio por lo que el grano estuvo mas propenso a ganar humedad y a mayor humedad relativa habrá un mayor tiempo de cocción (*Mora et al., 1982*).

Cuadro 7. Correlación entre humedad relativa y temperatura máxima.

|    | Variable               |                |            |          |           |           |           |           |
|----|------------------------|----------------|------------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
|    | Coeficiente de Pearson |                |            |          |           |           |           |           |
|    | Prob >  r              |                |            |          |           |           |           |           |
|    | <b>Daño Total</b>      | <b>Cocción</b> | <b>Hum</b> | <b>L</b> | <b>a*</b> | <b>b*</b> | <b>Ta</b> | <b>HR</b> |
| HR | 0.56101                | 0.71376        | 0.50848    | 0.28952  | -0.1078   | 0.0703    | -0.82896  | 1         |
|    | <.0001                 | <.0001         | <.0006     | 0.0629   | 0.4968    | 0.6582    | <.0001    |           |

#### 4.5.7 Tiempo de cocción – humedad relativa

Al observar estas dos variables existe una correlación positiva (Cuadro 8), en este estudio, es decir, a mayor humedad relativa habrá mayor tiempo de cocción del grano, lo que concuerda con (*Mora et al., 1982*).

## **5. CONCLUSIONES**

- La calidad del grano durante los siete meses de estudio disminuyó de CA-3 a SM.
- Se observó un aumento de claridad y una disminución de color rojo en ambas variedades de frijol después de siete meses de almacenamiento.
- Las temperaturas máximas y la humedad relativa alcanzadas en el almacén generaron daño y un aumento de tiempo de cocción de ambas variedades durante el período del estudio.

## **6. RECOMENDACIONES**

- Realizar el estudio bajo condiciones controladas (temperatura ambiente, humedad relativa).
- Realizar el estudio en un período de un año.
- Previo al almacenamiento es necesario reducir el contenido de humedad del grano de frijol a un 12-13%, a fin de asegurar su buena conservación durante el almacenamiento.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

Hunter L\*a\*b\*, 2000. Universal Software Versión 4.0 and Above User's Manual. Hunter Associates Laboratory. Virginia, USA. 470 p.

Melgar, H. 2004. Desarrollo de una escala calorimétrica digital de triple estímulo para grano de frijol rojo centroamericano. Proyecto Especial de graduación del programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras. 23 p.

Mora, M. 1982. Influencia de diferentes temperaturas y contenidos de humedad sobre el tiempo de cocción de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.) almacenado durante 18 meses (En Línea). Consultado el 5 de mayo de 2007. Disponible en: [http://www.mag.go.cr/rev\\_agr/v06n1-2\\_087.pdf](http://www.mag.go.cr/rev_agr/v06n1-2_087.pdf)

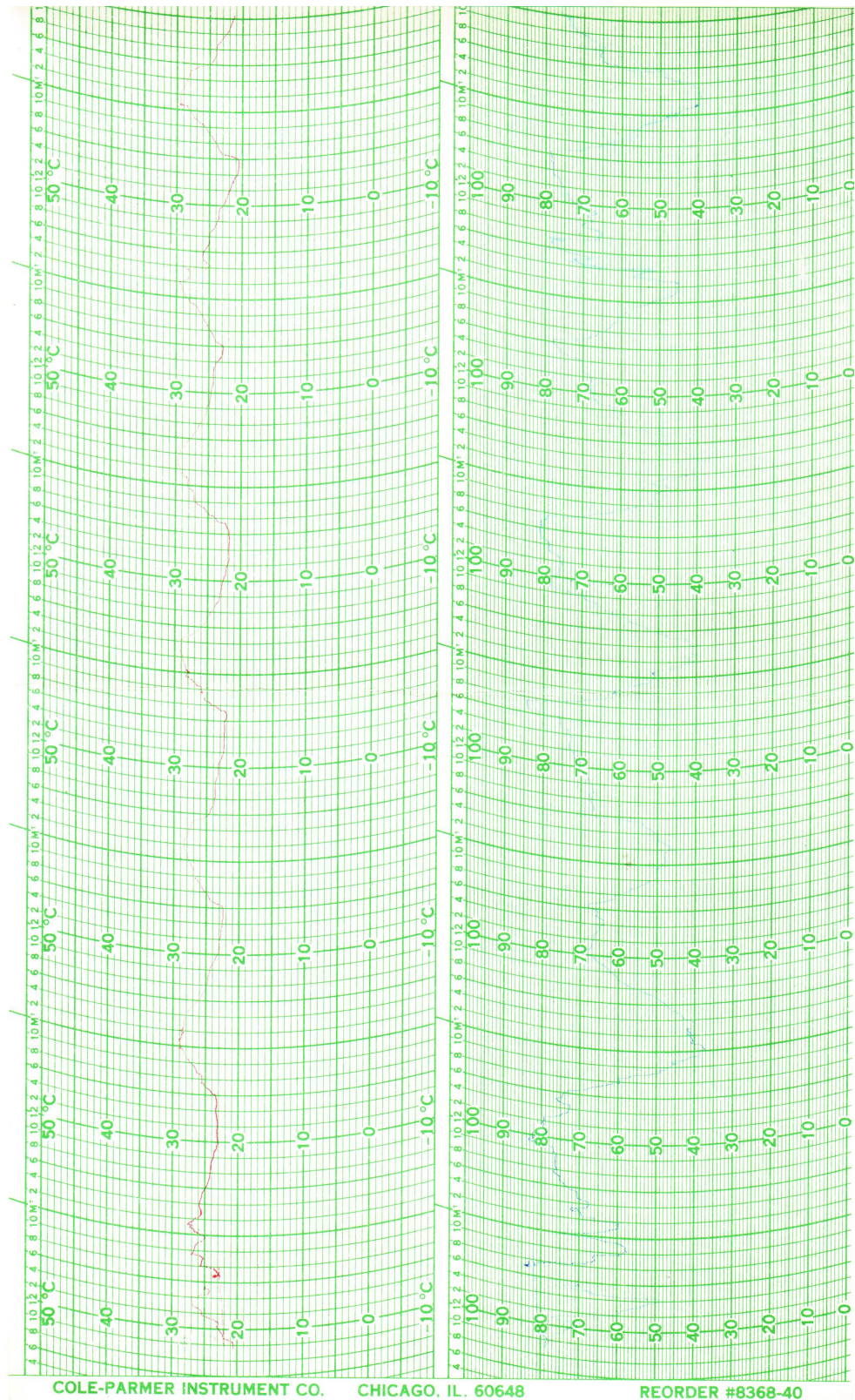
Rosas, J.C. 2003. El cultivo del frijol común en América tropical. Escuela Agrícola Panamericana, Zamorano. Imprenta Litocom, Tegucigalpa, Honduras, 57 p.

Taleón, V. 2005. Efecto de la temperatura de almacenamiento en la estabilidad del color del grano de frijol rojo. Proyecto Especial de Graduación del Programa de Ingeniería en Agroindustria Alimentaria. Zamorano, Honduras. 32 p.

Valladares, B. 1996. Determinación del tiempo de cocción en variedades comerciales de frijol rojo. Proyecto Especial de Graduación del Programa De Ingeniería Agrónoma. Zamorano, Honduras. 29 p.

Wikipedia, 2007. Color (En Línea). Consultado el 5 de mayo de 2007. Disponible en: <http://es.wikipedia.org/wiki/Color>

## **8. ANEXOS**

**Anexo 1. Hoja de higrótermografo para siete días.**

## Anexo 2. Formato de análisis de laboratorio.

ESCUELA AGRICOLA PANAMERICANA  
CARRERA DE AGROINDUSTRIA  
LABORATORIO DE TECNOLOGIA DE GRANOS

8:10 — 9:40

### ANALISIS DE LABORATORIO

#### Generalidades

Clase: Trigo Correla  
Cliente o Propietario: \_\_\_\_\_  
Centro de Procedencia: \_\_\_\_\_  
Almacenado Silo No. \_\_\_\_\_ Bodega No. \_\_\_\_\_ Estiba No. \_\_\_\_\_ Fecha 3/25/10

#### Evaluación Organoléptica

Olor: \_\_\_\_\_ No. Total de Insectos/Kg: \_\_\_\_\_ Vivos: 0 Muertos: 0  
Temperatura: 25°C No. de Excretas / kg: \_\_\_\_\_  
Apariencia: Buena: ☒ Regular: \_\_\_\_\_ Mala: \_\_\_\_\_

#### Análisis Selectivo

Humedad: 13.84 %  
Impurezas: 0 %  
Daño por Insecto: 0.09 %  
Daño por Hongo: 0.16 %  
Daño por germen Café: 0 %  
Daño por Calentamiento: 2.04 %  
Otros Daños: 0 %  
Total de Grano dañado: 2.29 %  
Grano Quebrado: \_\_\_\_\_ %  
Grano Partido: \_\_\_\_\_ %

Clase Contrastante: \_\_\_\_\_ %  
Mezclado: \_\_\_\_\_ %  
Rendimiento: \_\_\_\_\_ %  
Relación entero/quebrado: \_\_\_\_\_ %  
Grano Rojo: \_\_\_\_\_ %  
Grano Yesoso: \_\_\_\_\_ %  
Grano con Gluma: \_\_\_\_\_ %  
Tiempo de cocción: \_\_\_\_\_ %  
Peso Bushel: 59.5 %  
Calidad: \_\_\_\_\_ %

\*Representa la Humedad de la muestra no del lote total. \*\*Daño por roedores, grano inmaduro (arrugados), germinados, grano ampolado. \*\*\*En base a 1000 g.

#### Normas de Calidad

##### Sorgo

CA - 1 = Total de daño 0 a 5.0%  
CA - 2 = Total de daño 5.1 a 7.0%  
CA - 3 = Total de daño 7.1 a 10.0%  
SM = Total de daño de 10.0% en adelante

##### Frijol

CA - 1 = Total de daño 0 a 0.5%  
CA - 2 = Total de daño 0.51 a 1.0%  
CA - 3 = Total de daño 1.1 a 3.5%  
CA - 4 = Total de daño 3.6 a 5.0%  
SM = Total de daño 5.1 en adelante

##### Arroz Elaborado o Pilato

CA - 1 = Total de daño 0 a 3.0%  
CA - 2 = Total de daño 3.1 a 5.0%  
CA - 3 = Total de daño 5.1 a 8.0%  
CA - 4 = Total de daño 8.1 a 11.0%  
SM = Total de daño de 11.1% en adelante

##### Frijol Soya

CA - 1 = Total de daño 0 a 0.5%  
CA - 2 = Total de daño 0.51 a 1.0%  
CA - 3 = Total de daño 1.1 a 3.5%  
CA - 4 = Total de daño 3.6 a 5.0%  
SM = Total de daño 5.1 en adelante

##### Arroz Cáscara o Granza

CA - 1 = Total de daño 0 a 4.0%  
CA - 2 = Total de daño 4.1 a 7.0%  
CA - 3 = Total de daño 7.0 a 10.0%  
SM = Total de daño de 10.1% en adelante

##### Maíz

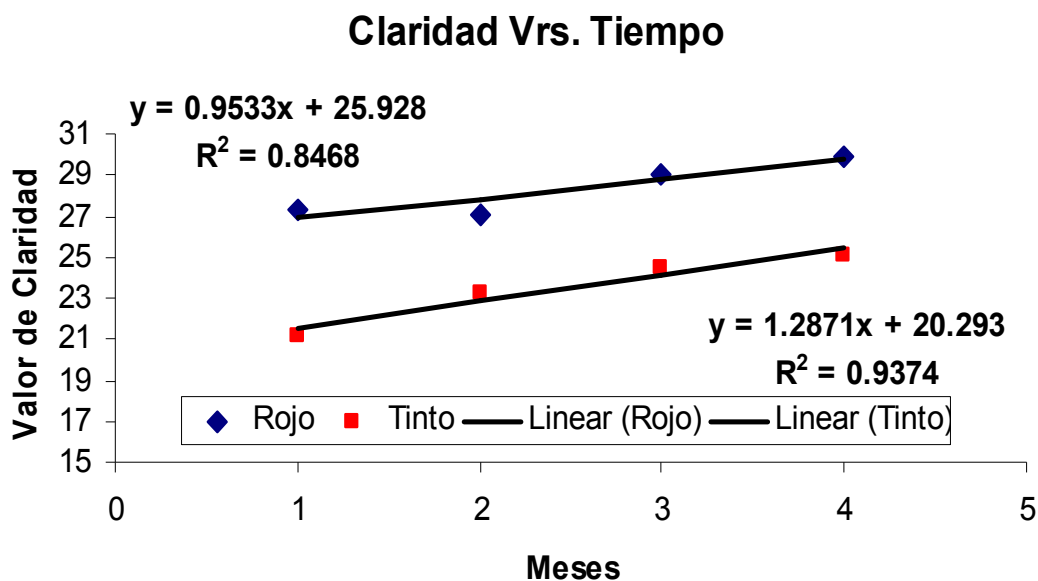
CA - 1 = Total de daño 0 a 4.0%  
CA - 2 = Total de daño 4.1 a 6.0%  
CA - 3 = Total de daño 6.1 a 10.0%  
SM = Total de daño 10.0% en adelante

Observaciones: 23.94 11.36 2.99  
23.96 11.41 2.15

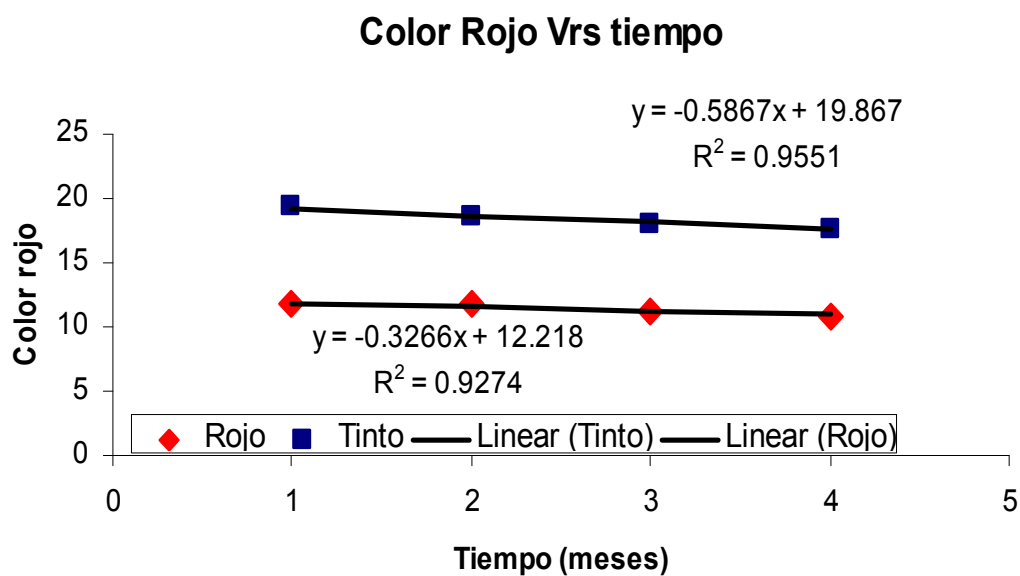
Jefe de Tecnología de Granos  
Ing. Edward Moncada  
Tel 776-6140 Ext. 2309  
E-mail: emoncada@zamorano.edu.hn

Técnico de Laboratorio  
Efraín Banegas  
Tel. 776-6140 (50) Ext. 2310

### Anexo 3. Color “L\*” durante los meses del estudio.



### Anexo 4. Color “a\*” durante los meses del estudio.



**Anexo 5. Color “b\*” durante los meses del estudio.**